



12

Gebrauchsmuster

U1

- (11) Rollennummer G 92 18 090.6
- (51) Hauptklasse B23H 7/06
- Zusätzliche
Information // B23H 7/10, 7/08
- (22) Anmeldetag 15.01.92
- (67) aus P 42 00 873.5
- (47) Eintragungstag 21.10.93
- (43) Bekanntmachung
im Patentblatt 02.12.93
- (54) Bezeichnung des Gegenstandes
Draht-Elektroerosionsvorrichtung
- (71) Name und Wohnsitz des Inhabers
Aktiengesellschaft für industrielle Elektronik
AGIE, Losone, Locarno, CH
- (74) Name und Wohnsitz des Vertreters
von Samson-Himmelstjerna, F., Dipl.-Phys.; Turi,
M., Dipl.-Phys., Pat.-Anwälte, 80538 München

SAMSON & PARTNER
PATENTANWÄLTE · EUROPEAN PATENT ATTORNEYS

UNSER ZEICHEN/OUR REF

A108-160-S 90-P 93 gbm

VS/4

DATUM/DATE

~~15. Januar 1992~~
24. März 1993

AG für industrielle Elektronik
AGIE Losone bei Locarno
CH-6616 Losone bei Locarno

~~Draht-Elektroerosionsverfahren und~~
Draht-Elektroerosionsvorrichtung

Beschreibung

Die Erfindung befaßt sich mit ~~einem Draht-Elektroerosions-~~
~~verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 und mit~~
einer Draht-Elektroerosionsvorrichtung nach dem Oberbegriff
des Anspruches 1/.

Das elektroerosive Bearbeiten von Werkstücken bedingt stets
einen Verschleiß des verwendeten Erodierwerkzeuges. Dieser
Verschleiß - beim elektroerosiven Schneiden der Verschleiß
eines Erodierdrahtes und beim elektroerosiven Senken der
Verschleiß einer Erodier Elektrode - führt zu mehr oder
weniger großen Bearbeitungsfehlern.

Üblicherweise wird beim Drahterodieren die Draht-Transport-
geschwindigkeit grob so eingestellt, daß die Querschnitts-
abnutzung zwischen dem Eintrittspunkt des Drahtes in das
Werkstück und seinem Austrittspunkt aus dem Werkstück 10%
des Drahtquerschnittes nicht überschreitet. Das bedeutet
jedoch, daß zwischen Eintritt und Austritt ein unkompen-
sierter Fehler von ca. 10% besteht. Absolut entspricht dies
einem Fehler von bis zu 50 µm.

Fehler dieser Art treten beim Draht-Elektroerodieren vor allem während des ersten "Vollschnittes" auf. Sie erfordern unter Umständen ein aufwendiges Nachbearbeiten durch einen Nachschnitt. Eine Draht-Erodieranlage sollte jedoch bereits während des ersten Vollschnittes eine möglichst große Fertigungsgenauigkeit erreichen, damit kosten- und zeitaufwendige Nachbearbeitungen auf ein Minimum beschränkt bleiben.

Im folgenden wird eine Terminologie verwendet, die der leichteren Lesbarkeit der Beschreibung dient, jedoch nicht einschränkend zu verstehen ist. Beispielsweise beziehen sich die Ausdrücke oben, unten, größer, kleiner usw. auf Maschinen in üblicher Arbeitsaufstellung und Größe. Der Erosionsdraht kann entgegen der Darstellung natürlich auch von "unten" nach "oben" durch die Erosionszone geführt werden (oder von "rechts" nach "links"), ohne das sich am Grundprinzip der Erfindung etwas ändert.

Aus der DE - PS 2826270 ist es bekannt, anhand eines Wegaufnehmensystemes Auslenkungen der Erodierелеktrode auszumessen. Mit dieser Information wird die Vorschubbahn der Drahtelektrode ständig in "REAL-TIME" so korrigiert, daß sich die Drahtelektrode immer auf der vorgeschriebenen Bahn befindet. Diese Bahnkorrektur dient zur Kompensation unvorhergesehener Drahtbewegungen und reicht, insbesondere bei hohen Bahngeschwindigkeiten, nicht zur Drahtlagekorrektur aus.

Hohe Bahngeschwindigkeiten, auch Vorschub- oder Arbeitsgeschwindigkeiten genannt, führen stets zu einem starken Drahtverschleiß, der eine entsprechend große Drahtlageverschiebung zur Folge hat.

In der Drahtelektroerosion werden heute vor allem zwei Arten von Drahtführungen verwendet: Zum Einen eine mit der

Geometrie eines offenen Ziehsteines und zum Anderen eine offene - in Fig. ⁵2 dargestellte - V-Führung.

Die Ziehsteinführung bedingt bei Drahtverschleiß Abweichungen des Erodierdrahtes in verschiedenen Richtungen gegenüber der Sollkontur. Die offene V-Führung hat dagegen den Vorteil, daß die Verschiebung des Erodierdrahtes in Richtung und Größe bestimmt ist.

Die besonderen Verschleißbedingungen bei V-förmigen Drahtführungen werden in den Fig. ⁵2 bis ⁸ veranschaulicht. In Fig. 1 ist eine obere Drahtführung einer Drahterosionsanlage abgebildet. Der Erosionsdraht ist neu und liegt sicher zentriert in der V-förmigen Führung. In Fig. ⁷2 wird die Situation anhand einer schematisch perspektivischen Ansicht des durch die obere und eine weitere untere Drahtführung zentrierten Erodierdrahtes gezeigt. Zur Hinführung auf die Verschleißproblematik wird dabei in Fig. ⁷2 vorausgesetzt, daß im Bereich zwischen den beiden Drahtführungen, d.h. in der Arbeitszone, nicht erodiert wurde, also kein Drahtverschleiß stattgefunden hat.

Setzt man jedoch eine Erosion in der Arbeitszone voraus, ist der Elektrodendraht nach dem Durchlaufen der Erosionszone um einen Wert V verschlissen bzw. dünner. Sein Mittelpunkt in der unteren Drahtführung (Fig. ⁶2) ist nun gegenüber seinem Mittelpunkt in der oberen Drahtführung um den Wert $\Delta y/\Delta x$ versetzt. In Fig. ⁸2 wird dies analog zur Fig. ⁷2 durch eine perspektivische Abbildung veranschaulicht. Der Draht wird hauptsächlich an seiner der Bearbeitungsrichtung zugewandten Seite verschlissen.

Die Fig. ⁹3 und ¹⁰4 verdeutlichen die Verschleißproblematik der V-förmigen Drahtführung anhand von Werkstückabbildungen. Fig. ⁹3 zeigt eine perspektivische Ansicht eines zu bearbeitenden Werkstückes. Dunkel eingezeichnet ist eine senkrecht zu den zueinander parallelen oberen und unteren

Oberflächen des Werkstückes ausgerichtete Sollschnittkontur zu erkennen. An der vorderen Seite des Werkstückes ist die gegen die Sollkontur um den Winkel β geneigte Istkontur zu sehen. Die Neigung der Istkontur erklärt sich durch den Verschleiß des Erodierdrahtes beim Durchlaufen der Arbeitsszone.

Fig. 8 zeigt die Situation aus einer Sicht senkrecht zum Bearbeitungsspalt. Fett umrandet ist eine zu schneidende Sollkontur zu erkennen. Unschraffiert ist die tatsächliche, durch vorherigen Verschleiß des Erodierdrahtes bedingte, Istkontur abgebildet. Da der Mittelpunkt des Drahtes in der oberen Führung unversetzt, in der unteren Führung jedoch - durch den Verschleiß bedingt - versetzt einliegt, ergibt sich zwischen der oberen und der unteren Drahtführung ein kontinuierlich bis zum Wert $\Delta y/\Delta x$ ansteigender Versatz des Drahtmittelpunktes. Damit besitzt der Drahtmittelpunkt - und somit auch der noch unverschlossene Draht - bereits bei seinem Eintritt in das Werkstück einen Versatz gegenüber der Sollage. Dieser Versatz wird durch den Drahtverschleiß beim Durchlaufen der Erosionszone zum Werkstückaustritt hin immer größer. Bei Arbeitsgängen, die nur einen einmaligen Vollschnitt erfordern - z.B. in der Produktion, besitzt die Schnittkontur somit nicht die gewünschte Sollage.

Die V-Führung bedingt einen zu einer Seite verschobenen Fehler: Bei dem in Fig. 9 und 10 abgebildeten Werkstück hat sich zur rechten Seite hin ein Überschußabschnitt gebildet. Werkstückbearbeitungen, die einen Nachschnitt erfordern, werden durch den Drahtverschleiß zusätzlich erschwert und verlängert.

In Fig. 10 ist eine Nachschnittkontur eingezeichnet. Die durch den Drahtverschleiß bedingte, gegenüber der Sollkontur "geneigte", Istkontur eines ersten Vollschnittes setzt dabei der Breite des ersten Vollschnittes bzw. des Erodierpaltes eine Obergrenze. Die Neigung der Istkontur erklärt

sich daraus, daß der von einer (nicht abgebildeten Vorrats-
rolle) in vertikaler Richtung durch den Arbeitsspalt hin-
durch nach unten abgezogene Draht noch (mehr oder weniger)
unbeschädigt in den Arbeitsspalt eintritt, auf seinem Wege
5 durch die Erosionsvorgänge jedoch zunehmend verschlissen
wird. Am unteren Ende der Erosionszone ist der Draht in der
unteren V-Führung um den Wert V verschlissen, so daß er in
der unteren Führung schief bzw. unzentriert einliegt. Je
nach Vorschubrichtung bildet sich eine mehr oder weniger
10 starke Neigung der Istkontur. Daher muß während des Nach-
schnittes mehr Material abgetragen werden, als es bei einem
theoretischen Erodiervorgang ohne Berücksichtigung des
Drahtverschleißes nötig wäre.

Fig. 11 zeigt die Richtung des Fehlervektors beim Schneiden
15 einer kreisförmigen Sollbahn mit einem - z.B. durch einen
längeren Schnitt in einer Richtung - einseitig verschlis-
senen Draht. Der Draht liegt in der unteren V-Führung. Der
Schnitt erfolgt durch Bewegungen des (nicht abgebildeten)
20 Maschinenteiles. Durch die punktuelle Führung des Drahtes
in den V-förmigen Führungen ist die Richtung des Fehlervek-
tors stets vorbestimmt: es entsteht annähernd ein Kreis,
der im Bezug auf das Zentrum des Sollkreises um einen vom
Verschleiß abhängigen Wert verschoben ist. Es gibt zwei
25 Punkte, in denen die Vorschubrichtung der Verschleißrich-
tung entspricht.

~~Eine Verfahren und eine Vorrichtung nach dem Oberbegriffen~~
30 ~~des~~ Anspruchs 1 und 10 ^{ist} aus der JP AS-2-60453 bekannt.
Nach der Lehre dieser Schrift wird anhand einer Korrektur-
tabelle ein Neigungswinkel ermittelt und die Drahtelektrode
während der Erosion gegen die Vertikale geneigt.

35 In der Korrekturtabelle ist die Differenz zwischen dem
Drahtdurchmesser an der Oberseite des Werkstücks und dem
Drahtdurchmesser an der Unterseite des Werkstücks in Ab-
hängigkeit von der Bearbeitungsgeschwindigkeit und der

Transportgeschwindigkeit der Drahtelektrode angegeben.
Dabei sei die Bearbeitungsgeschwindigkeit im wesentlichen
proportional zum Bearbeitungsstrom, und der Abrieb von der
Zahl der Entladungen pro Zeit- und Längeneinheit der Draht-
elektrode, also der Stromdichte pro Längeneinheit der
Drahtelektrode abhängig, wonach Abrieb und Bearbeitungs-
geschwindigkeit im Verhältnis 1/1 zueinander stünden. Ent-
sprechend wird die Korrekturwerttabelle mittels Variation
der Drahttransportgeschwindigkeit und der Bearbeitungsge-
schwindigkeit ausgemessen. In der angegebenen Korrekturfor-
mel bleibt jedoch unberücksichtigt, daß der Draht infolge
des Verschleißes auch beim Eintritt in das Werkstück u.U.
bereits einen geringen Versatz zur Sollkontur aufweist.
Alternativ wird vorgeschlagen, den Verschleiß mittels eines
Mikrometers zu messen und nachzukorrigieren. Diese Methode
ist allerdings mit den Anforderungen eines automatisierten
Erodiervorganges nicht vereinbar.

Die Erfindung zielt gegenüber diesem Stand der Technik
darauf ab, eine weitere - möglichst unkomplizierte - Mög-
lichkeit zur Ermittlung des Erodierdrahtverschleißes zu
schaffen.

Dieses Ziel wird ~~bei einem gattungsgemäßen Verfahren~~ da-
durch erreicht, daß Veränderungen des mittleren Arbeits-
stromes bestimmt und der Verschleiß des Erodierdrahtes
anhand dieser Veränderungen ermittelt wird (~~Anspruch 1~~).
Das Ermitteln des Drahtverschleißes über Messungen des
mittleren Arbeitsstromes ist besonders schnell und einfach
durchführbar. Anhand der Messergebnisse kann dann die Lage
des Erodierdrahtes nachkorrigiert werden. Die Erfindung
stellt somit einen Zusammenhang zwischen mittlerem Arbeits-
strom und Verschleiß des Erodierdrahtes her und nutzt die-
sen zur Verschleißkompensation.

Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens
liegt in seiner Unkompliziertheit. Der mittlere Arbeits-

strom des Erodierdrahtes wird in üblicher Weise gemessen. Anhand dieser Information wird die Istbahn mit dem durch Ausmessen einmalig - z.B. vom Maschinenhersteller - bestimmten Zusammenhang zwischen Drahtverschleiß und Arbeitsstrom nachkorrigiert. Durch die schnelle Korrekturtechnik wird oftmals Erodierzeit gespart und die Betriebskosten der Maschine werden gesenkt. Überraschenderweise kann mit der erfindungsgemäßen Verschleißermittlung in bestimmten Fällen eine so hohe Präzision erreicht werden, das ein Nachschnitt eingespart wird.

Besonders bevorzugt wird die Drahtlagekorrektur fortlaufend in Echtzeit durchgeführt (~~Anspruch 2~~), so daß eine ständig angepaßte, besonders schnelle Korrektur des Erodierdrahtverschleißes erzielt wird. Je nach den Anforderungen an die Bearbeitungsgenauigkeit und den spezifischen Erosionsparametern kann die Frequenz der Verschleißkorrektur vorbestimmt werden.

Das Verfahren wird durch Berücksichtigung weiterer Erosionsparameter noch effizienter.

Werden als zusätzliche Parameter des Erodierdrahtverschleißes die Bearbeitungsrichtungen und/oder die Erodiergeschwindigkeit berücksichtigt (~~Anspruch 3~~), ist eine besonders präzise Fehlerkorrektur gewährleistet. Der Begriff "Bearbeitungsrichtungen" umfaßt die der Verschleißkorrektur vorgehenden Erodierrichtungen - der Draht wird stets an der Seite verschlissen wird, an der erodiert wird -, und/oder die momentane Erodierrichtung. Unter "momentane Erodierrichtung" sind sowohl die Winkelneigung des Schnittes (konischer Schnitt) als auch die momentane Vorschubrichtung des Werkstückes zu verstehen.

Besonders bevorzugt werden als zusätzliche Parameter des Erodierdrahtverschleißes die Werkstückhöhe und/oder die Drahttransportgeschwindigkeit berücksichtigt (~~Anspruch 4~~).

Die Drahttransport- oder Drahtvorspulggeschwindigkeit bestimmt im Zusammenhang mit der Werkstückhöhe die Verweilzeit des Erodierdrahtes in der Arbeitszone und den während dieser Zeit erreichten Vorschub, d.h. die im Werkstück erodierte Strecke.

Weitere Parameter, die bevorzugt berücksichtigt werden, sind der Drahtdurchmesser, das Material des zu bearbeitenden Werkstückes und/oder des Erodierdrahtes (~~Anspruch 5~~), sowie die Impulsform, die Impulsdauer, die Impulspausen und/oder die Impulszündverzögerung (~~Anspruch 6~~), sowie die Spülparameter (Ionisierungsgrad, Durchflußrate, Spüldruck usw. des jeweiligen Spülmediums - ~~Anspruch 7~~).

Besonders bevorzugt wird die Drahtlagekorrektur anhand geeigneter Software aus den ermittelten Parametern automatisch bestimmt (~~Anspruch 8~~). Ein geeigneter Algorithmus setzt die Arbeitsstrominformation vollautomatisch und schnellstmöglich in Korrekturparameter um. Der Operateur braucht nicht in die Korrekturvorgänge einzugreifen. Der Aufbau der Erosionsmaschine braucht nicht verändert zu werden, nur die Software der Maschine bedarf Ergänzungen.

Beispielsweise kann die Software eine Schleife beinhalten, die

- a) aus analog/digital umgesetzten Arbeitsstrommeßwerten eine mittlere Arbeitsstrominformation berechnet,
- b) aus einem Meßwertvektor oder einer Meßwertmatrix anhand der mittleren Arbeitsstrominformation den momentanen Verschleiß bestimmt und
- c) insbesondere zusammen mit wenigstens einem der oben aufgeführten zusätzlichen Erodierdrahtverschleiß-Parameter aus der berechneten Verschleißinformation eine Korrekturbewegung ermittelt und in Maschinenbewegungen umsetzt (~~Ansprüche 9³ und 11~~).

Die nötigen Maschinenbewegungen können beispielsweise über trigonometrische Funktionen errechnet werden.

Das weitere Ziel der Erfindung - die gattungsbildende Elektroerosionsmaschine so weiterzubilden, daß das ~~erfindungs-~~^{beschriebene} ~~gemäße~~ Verfahren möglichst effektiv in eine Verschleißkorrektur umgesetzt werden kann - wird durch eine Einrichtung zum Messen von Veränderungen des mittleren Arbeitsstromes und zur Ermittlung des Drahtverschleißes aus diesen Meßdaten und eine Verbindung zwischen einem Ausgang der Meßeinrichtung und einem Steuereingang der Korrekturmittel erreicht (Anspruch 1^o). Die Verschleißkorrektur kann damit auf unkomplizierte Weise automatisiert werden.

Bevorzugt umfaßt die Einrichtung Firmware (insbesondere Software) zum Umsetzen von Arbeitsstrommessungen in Drahtkorrekturbewegungen (Anspruch 2^o). Die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird weiter vereinfacht und braucht vom Anwender nicht kontrolliert zu werden.

Weitere bevorzugte Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung. Dabei wird die Erfindung unter Bezug auf die beigelegte Zeichnung erläutert, die auch den Unterschied zwischen ^(der) ~~erfindungsgemäßen Verfahren~~ und dem bereits geschilderten Stand der Technik bildlich veranschaulicht.

In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1⁵ eine Draufsicht auf eine obere V-förmige Drahtführung und einen eingelegten neuen Erosionsdraht;

Fig. 2⁶ eine Draufsicht auf eine untere Drahtführung und einen verschlissenen Erosionsdraht;

Fig. ⁷~~2~~ eine perspektivische Ansicht einer oberen und einer unteren V-förmigen Drahtführung und einen eingelegten neuen Erosionsdraht;

5 Fig. ⁸~~A~~ eine perspektivische Ansicht einer oberen und einer unteren V-förmigen Drahtführung und einen in der unteren Drahtführung verschlissenen Erosionsdraht;

10 Fig. ⁹~~8~~ eine Ansicht eines Werkstückes mit einer Soll- und einer Istschnittfläche;

Fig. ¹⁰~~8~~ eine Ansicht eines Werkstückes mit mehreren eingezeichneten Schnittkonturen;

15 Fig. ¹¹~~7~~ eine schematische Darstellung der Abhängigkeit des Fehlervektors bei einer kreisförmigen Sollbahn in der X-/Y-Ebene;

20 Fig. ¹~~8~~ ein Meßdiagramm, das die Abhängigkeit zwischen mittlerem Arbeitsstrom und Drahtverschleiß zeigt;

Fig. ²~~8~~ einen herkömmlichen elektroerosiven Schneidevorgang;

25 Fig. ³~~10~~ einen erfindungsgemäßen elektroerosiven Schneidevorgang;

30 Fig. ⁴~~11~~ ein Blockschaltbild, das eine erfindungsgemäße Vorrichtung veranschaulicht.

Die Erfindung basiert auf der Erkenntnis, daß zwischen Drahtelektrodenverschleiß V und Arbeitsstrom eine Korrelation, d.h. ein funktionaler Zusammenhang besteht. Diese Korrelation ist von weiteren Variablen abhängig, deren Einbeziehen ^{die} ~~das~~ ~~erfindungsgemäße Verfahren~~ erweitert und verbessert.

¹
In Fig. 8 ist der funktionale Zusammenhang am Beispiel der
Messdiagramme vier verschiedener Drahtelektroden darge-
stellt. In Abszissenrichtung ist der mittlere Arbeitsstrom
- bei einer konstanten Spannung gemessen - angetragen und
in Ordinatendrichtung der maximale Drahtverschleiß V (siehe
Fig. 2).

Damit wird bereits ein Grundprinzip der Erfindung deutlich:
Mittels des für verschiedene Drahtelektroden ausgemessenen
Diagrammes kann während eines Schneidevorganges über Mes-
sungen des mittleren Arbeitsstromes jeweils der momentane
Drahtverschleiß V bestimmt und ausgeglichen werden.

³
Der Ausgleich erfolgt dabei bevorzugt nach dem in Fig. 10
gezeigten und in den Grundzügen aus dem Stand der Technik
bekannten Prinzip:

²
In Fig. 9 ist eine herkömmliche Bearbeitung eines Werk-
stückes 1 ohne Berücksichtigung des Verschleißes eines
Erodierdrahtes 2 dargestellt. Es soll ein zur oberen und
unteren Fläche des Werkstückes 1 rechtwinkliger Schnitt
durchgeführt werden. Der Erodierdraht 2 liegt oberhalb und
unterhalb des Werkstückes 1 in Drahtführungen 3. Der linke
Teil des Werkstückes 1 - ein Formstück - bildet das Schnei-
deprodukt, so daß der Schnitt zur linken Seite hin mög-
lichst präzise geführt werden muß: gestrichelt ist die
Sollschnittkontur 5 eingezeichnet.

Beim herkömmlichen bzw. unkorrigierten Schneiden bildet
sich ein schiefwinkliger Bearbeitungsspalt 4. Das Messen
des mittleren Arbeitsstromes ermöglicht es, den momentanen
Drahtverschleiß V anhand der Meßtabelle (siehe auch Fig. 8)
zu bestimmen. Wird der Draht 2 jetzt um einen Winkel β
gekippt (Fig. 10), ist es möglich, den Schnitt zur Form-
stückseite hin der Sollkontur 5 weitgehend anzupassen. Die
Sollkontur 5 des Werkstückes 1 ist natürlich nur beispiel-
haft zu verstehen: bei konischen Schnitten muß die Korrek-

tur der Schnittneigung angepaßt werden, weiterhin werden die momentane Erodierrichtung (analog zur Fig. 7) und/oder weitere Erodierparameter berücksichtigt .

Das Verfahren wird dabei in vorbestimmten Zeitintervallen - je nach Bedarf fortlaufend wiederholt. Bevorzugt wird das Verfahren vollautomatisch durch geeignete Software bzw. Firmware gesteuert: Die entsprechenden Meßtabellen (für verschiedene Spannungen ausgemessen) sind im CNC-Rechner gespeichert und werden durch einen geeigneten Algorithmus fortlaufend im Zusammenhang mit dem mittleren Arbeitsstrom ausgewertet. Die CNC setzt die Auswertung zusammen mit Konturrichtungsinformationen (Sollschnittgeometrie) im Echtzeitbetrieb in Kompensationsbewegungen um.

Das Berücksichtigen weiterer Variablen bzw. Parameter verbessert das Verfahren: Wichtig sind die Erodiergeschwindigkeit, die Drahtvorspulggeschwindigkeit von der Vorratsrolle (nicht abgebildet) - d.h. die sogenannte Durchlauf- oder Transportgeschwindigkeit des Drahtes 2 -, der Drahtdurchmesser, die Höhe eines zu bearbeitenden Werkstückes 1, das Material des zu bearbeitenden Werkstückes und das Material des Erodierdrahtes 2. Besonders bevorzugt werden die Bearbeitungsrichtungen berücksichtigt. Die Abhängigkeit des Drahtverschleißes von diesen Parametern wird ausgemessen und dann im CNC-Rechner gespeichert. Die erforderlichen Messungen werden einmalig - vom Maschinenhersteller - durchgeführt und belasten den Anwender nicht.

Weiterhin sollte die Geometrie der Drahtführungsköpfe berücksichtigt werden. Die Verschleißkompensation bei der verwendeten V-Führung ist zwar besonders unproblematisch, bei anderen Führungskopfgeometrien kann jedoch ein zusätzlicher Programmteil nötig sein, der die Führungsgeometrie in die Steuerung einbezieht.

Das Verfahren kann mit anderen Kompensationsmethoden kombiniert werden: Zu nennen ist vor allem das oben bereits erwähnte Wegaufnehmer-Auslenkungs-Kompensationssystem.

5 Fig. ⁴~~11~~ veranschaulicht anhand eines Blockschaltbildes beispielhaft einen Aufbau einer erfindungsgemäßen Erodier-
vorrichtung. In bekannter Weise umfaßt die Draht-Elek-
troerosionsvorrichtung eine numerische Steuerungseinrich-
10 tung (CNC) 6 mit einem Steuereingang E und einem Steuer-
ausgang A. Dabei sind an die numerische Steuerungseinrich-
tung (CNC) 6 Korrekturmittel 8 zum Nachkorrigieren der Lage
des Erodierdrahtes 2 in Abhängigkeit von dessen Verschleiß
V angeschlossen, beispielsweise in Form von Software, die
15 auf Hardwaresignale hin Korrekturwerte errechnet. Mittels
einer Einrichtung 7 werden Veränderungen des mittleren
Arbeitsstromes gemessen und Drahtverschleißwerte ermittelt.
Eine Verbindung zwischen einem Ausgang der Meßeinrichtung
7 und einem Steuereingang E der Korrekturmittel 8 - bei-
20 spielsweise über die numerische Steuerung 6 - ermöglicht ein
Umsetzen der Arbeitsstrommessungen in Korrekturwerte und
Korrekturbewegungen.

- b) aus einem Meßwertvektor oder einer Meßwertmatrix anhand der mittleren Arbeitsstrominformation der momentane Verschleiß (V) bestimmt und
- 5 c) insbesondere zusammen mit wenigstens einem der oben aufgeführten zusätzlichen Erodierdrahtverschleiß-Parameter aus der berechneten Verschleißinformation eine Korrekturbewegung ermittelt und in Maschinenbewegungen umgesetzt wird.

Ansprüche

1 . Draht-Elektroerosionsvorrichtung mit

- a) einer numerischen Steuerungseinrichtung (6) und
- 5 b) an die numerische Steuerungseinrichtung (6) angeschlossenen Korrekturmitteln (8) zum Nachkorrigieren der Lage des Erodierdrahtes (2) in Abhängigkeit von dessen Verschleiß (V),

gekennzeichnet durch

- c) eine Einrichtung (7) zum Messen von Veränderungen des mittleren Arbeitsstromes und zur Ermittlung des Drahtverschleißes (V) aus diesen Meßdaten und
- 20 d) eine Verbindung zwischen einem Ausgang der Einrichtung (7) und einem Steuereingang der Korrekturmittel (8).

2 ~~11~~. Draht-Elektroerosionsvorrichtung nach Anspruch ~~10~~, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel geeignete Firmware, insbesondere Software, zum Umsetzen von Arbeitsstrommessungen in Drahtkorrekturbewegungen umfassen.

3 ~~12~~. Draht-Elektroerosionsvorrichtung nach Anspruch ~~10~~ oder ~~11~~, ² dadurch gekennzeichnet, daß die Software eine Schleife beinhaltet, die

- a) aus analog/digital umgesetzten Arbeitsstrommeßwerten mittlere Arbeitsstrominformationen berechnet,
- b) aus einem Meßwertvektor oder einer Meßwertmatrix anhand der mittleren Arbeitsstrominformation den momentanen Verschleiß (V) bestimmt und
- c) insbesondere zusammen mit wenigstens einem der oben aufgeführten zusätzlichen Erodierdrahtverschleiß-Parameter aus der berechneten Verschleißinformation eine Korrekturbewegung ermittelt und in Maschinenbewegungen umsetzt.

- 15 4/. Draht-Elektroerosions^{vorrichtung}~~verfahren~~ nach Anspruch 1,2^{oder 3}/da-
durch gekennzeichnet, daß die Drahtlagekorrektur fortlaufend in Echtzeit durchgeführt ~~wird~~ ^{ist}.
- 20 5/. Draht-Elektroerosions^{vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-4,}~~verfahren~~ ^{Ansprüche 1 oder 3,} da-
durch gekennzeichnet, daß als zusätzliche Parameter des Erodierdrahtverschleißes (V) die Bearbeitungsrichtungen und/oder die Erodiergeschwindigkeit berücksichtigt ~~werden~~ ^{ist}.

6/. Draht-Elektroerosions^{vorrichtung}~~verfahren~~ nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als zusätzliche Parameter des Erodierdrahtverschleißes (V) die Werkstückhöhe und/oder die Drahttransportgeschwindigkeit berücksichtigt ~~werden~~ ist.

7/. Draht-Elektroerosions^{vorrichtung}~~verfahren~~ nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als zusätzliche Parameter des Erodierdrahtverschleißes (V) der Drahtdurchmesser, das Material des zu bearbeitenden Werkstückes (1) und/oder des Erodierdrahtes (2) berücksichtigt ~~werden~~ ist.

8/. Draht-Elektroerosions^{vorrichtung}~~verfahren~~ nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als zusätzliche Parameter des Erodierdrahtverschleißes (V) die Impulsform, die Impulsdauer, die Impulspausen und/oder die Impulszündverzögerung berücksichtigt ~~werden~~ ist.

9/. Draht-Elektroerosions^{vorrichtung}~~verfahren~~ nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als zusätzliche Parameter des Erodierdrahtverschleißes (V) Spülparameter berücksichtigt ~~werden~~ ist.

10/. Draht-Elektroerosions^{vorrichtung}~~verfahren~~ nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß anhand geeigneter Software aus den ermittelten Parametern die Drahtlagekorrektur automatisch bestimmt ~~wird~~ ist.

9. Draht-Elektroerosionsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Software eine Schleife beinhaltet, in der
a) aus analog/digital umgesetzten Arbeitsstrommeßwerten mittlere Arbeitsstrominformationen berechnet,

7/6

112

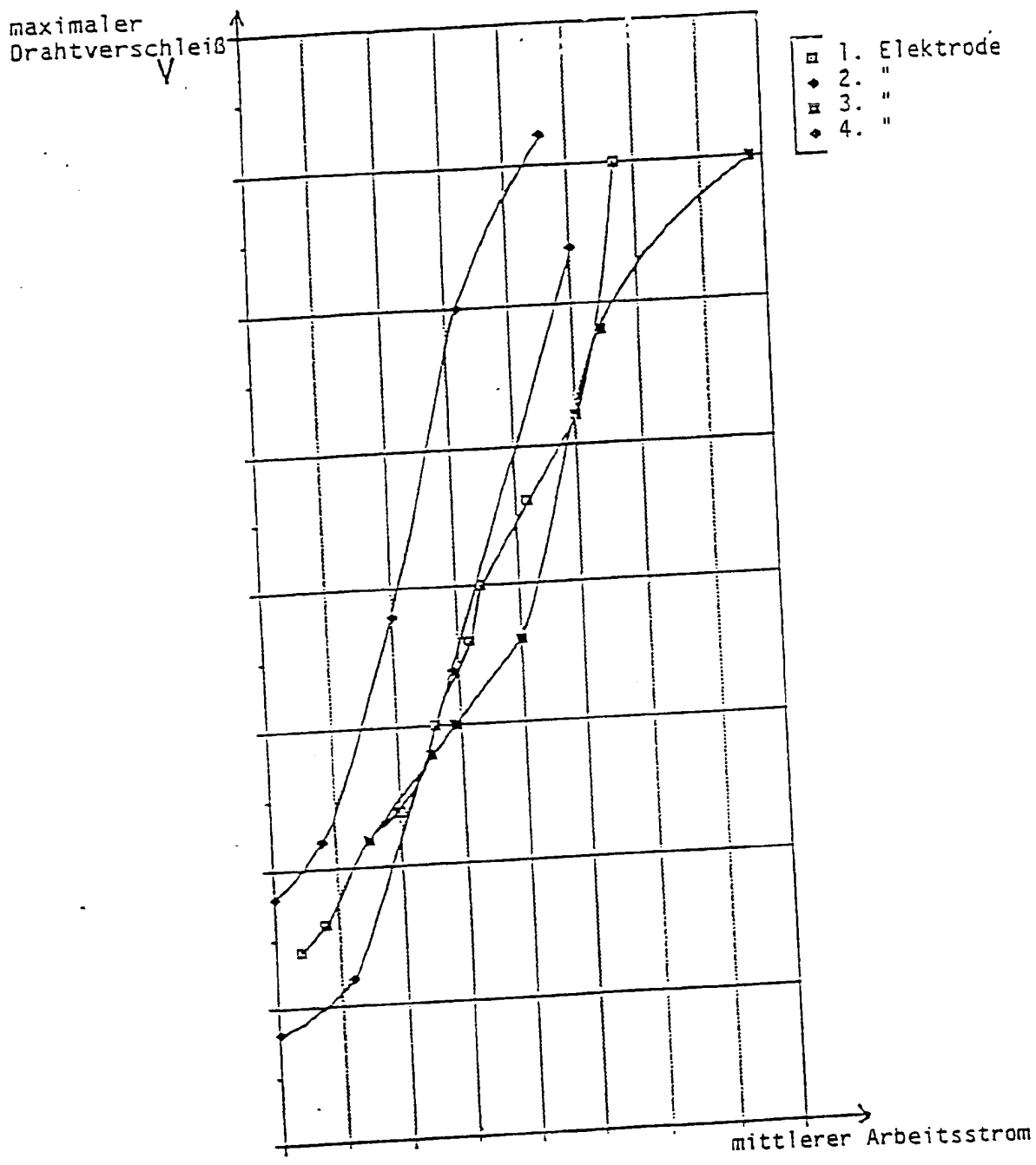


Fig. 1

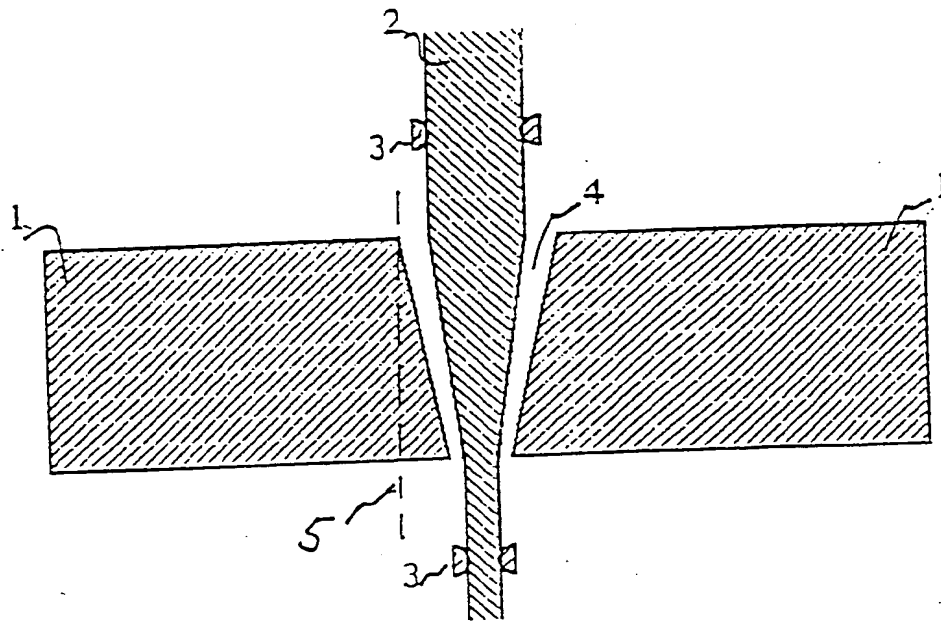


Fig. 2

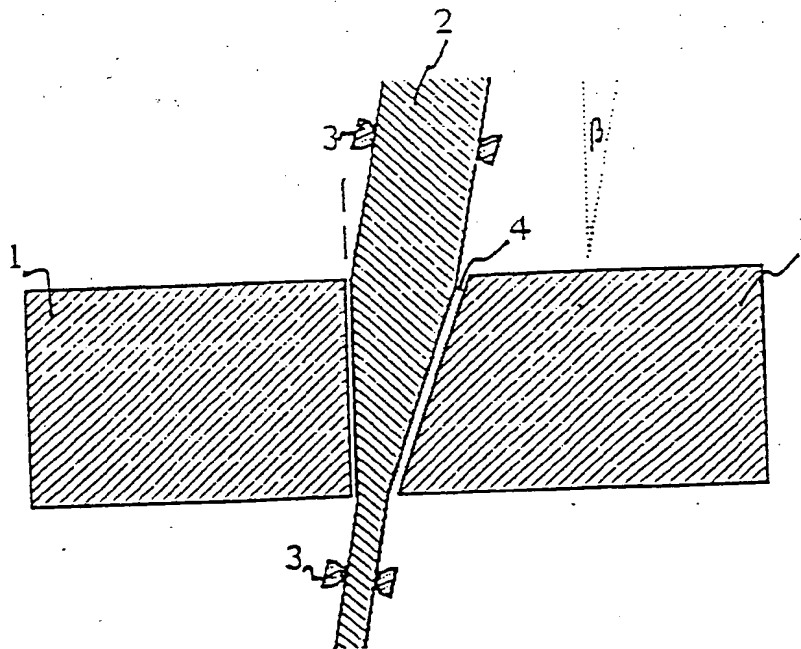
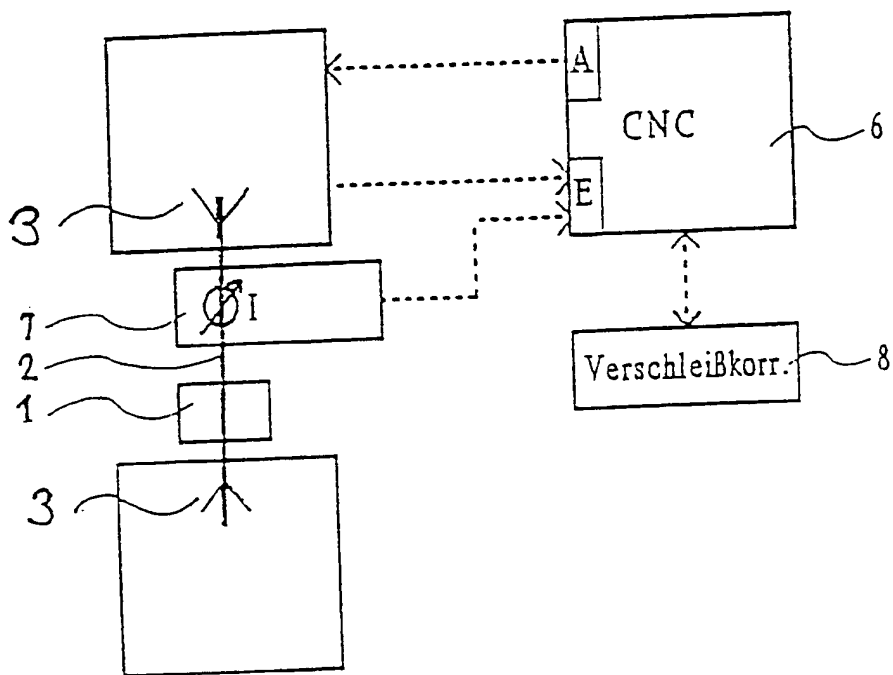


Fig. 3

Fig. 4

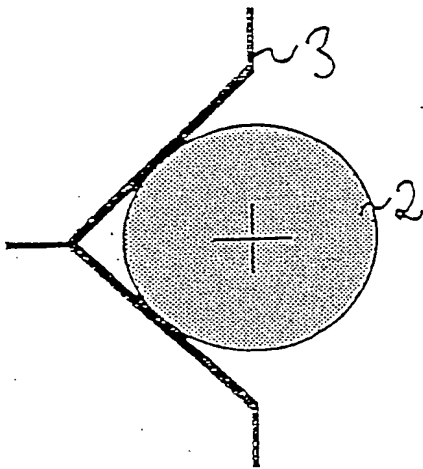


Fig. 5

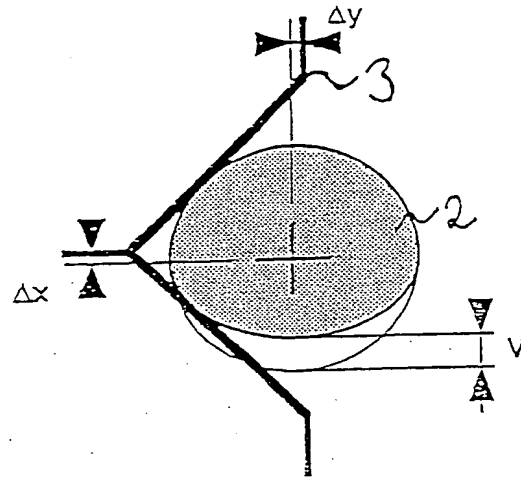


Fig. 6

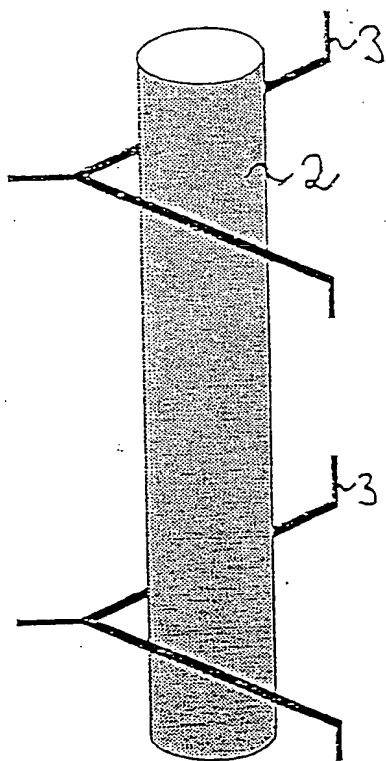


Fig. 7

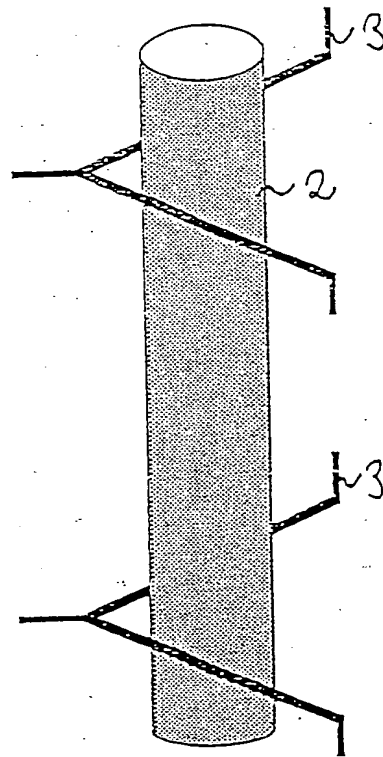


Fig. 8

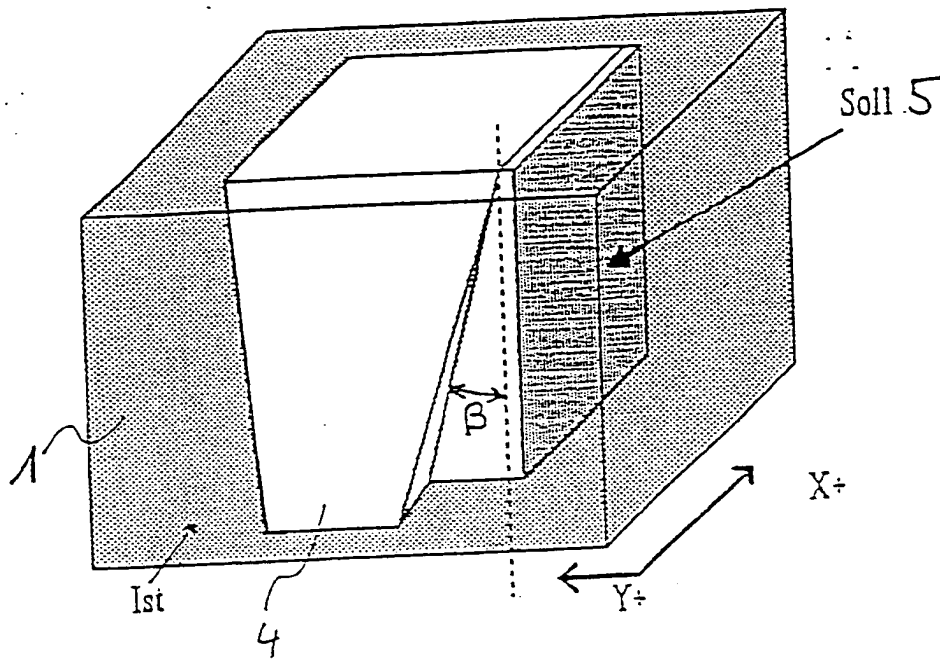


Fig. 9

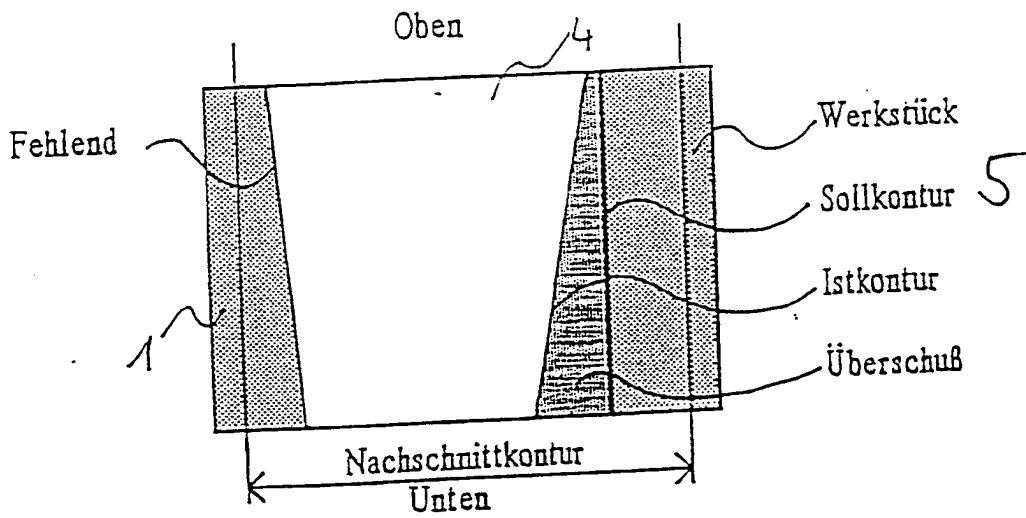


Fig. 10

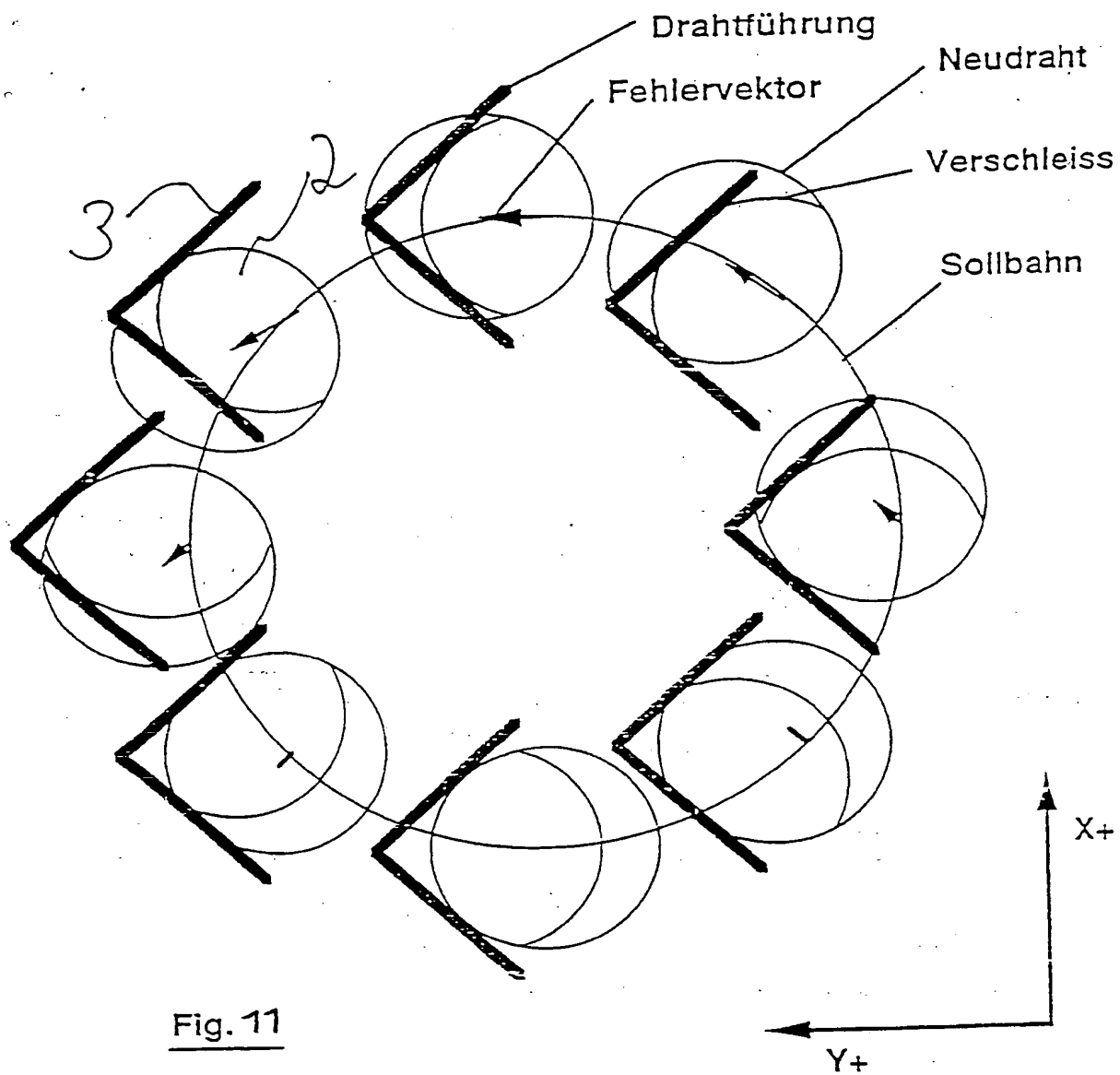


Fig. 11

THIS PAGE BLANK (USPT.